

# Engbelgvekster med mange oppgaver

Økosystemtjenester fra kløver

NORSØK RAPPORT | VOL. 5 | NR. 3 | 2020



**TITTEL**

Engbelgvekster med mange oppgaver. Økosystemtjenester fra kløver.

**FORFATTERE**

Sissel Hansen, Reidun Pommeresche og Grete Lene Serikstad

DATO	RAPPORT NR.	PROSJEKT NR.	
11.03.2020	5/3/2020	Åpen	6052
ISBN	ISSN	ANTALL SIDER	NO. OF APPENDICES:
978-82-8202-099-2		22	

**OPPDRA GSGIVER**

LANDBRUKS- OG MATDEPARTEMENTET

**KONTAKTPERSON**

Grete Lene Serikstad

**STIKKORD**

Kløver, nitrogenfiksering, jordstruktur, økosystemtjenester

Clover, nitrogen fixation, soil structure, ecosystem

**FAGOMRÅDE**

Plantedyrking

Crop production

**SAMMENDRAG**

De vanligste norske engbelgvekstene er rødkløver og kvitkløver. I enkelte deler av landet blir også luserne noe brukt. Belgvekster i eng- og fangvekstblandinger binder nitrogen fra lufta ved hjelp av Rhizobium-bakterier i knoller på røttene. Kløver i enga bidrar til økt grasvekst samme år, samt at kløver alene og i blandinger gir en god gjødseffekt for etterfølgende vekster. Undersøkelser viser også at en fangvekstblanding med kløver og eksempelvis raigras har like god evne til å redusere utvasking av nitrogen som det en blanding uten belgvekster har. Økt bruk av kløver i enga med påfølgende redusert bruk av kunstgjødseleffekt gir økt nitrogeneffektivitet og kan redusere utslipp av drivhusgassen lystgass fra enga. Kløver bidrar til karbonlagring i jord ved sjøl å samle nitrogen fra lufta. Nitrogen er viktig for innbygging av karbon i organisk materiale i jorda. Kløverplantene tåler moderat tørke godt og kan under våte forhold bidra til økt vanninfiltrasjon i jorda. Høyest nitrogeneffektivitet og best effekt på jordstruktur, karbonlagring og robusthet mot tørke blir det når kløver dyrkes sammen med andre arter, særlig ulike grasarter.

**LAND:**

Norge

**STED:**

Tingvoll

**GODKJENT**

Turid Strøm

NAME

**PROSJEKTLEDER**

Grete Lene Serikstad

NAME

# Forord

Belgvekster er unike ved at de samler nitrogen til egen proteinproduksjon fra lufta. Dette skjer i knoller på røttene, i samarbeid med Rhizobium-bakterier. I norsk landbruk er rødkløver, hvitkløver og alsikekløver de vanligste belgvekstene i engdyrkinga. I økologisk engdyrking er de helt nødvendige.

Kløver er også viktig dyrket som underkultur og mellomkultur til ulike åkervekster. Kløver er spesielt viktig i Norge fordi disse vokser godt i vårt klima. I områder med godt klima kan også luserne dyrkes, som er en viktig engbelgvekst ellers i Europa. Alle belgvekster bidrar til økt nitrogentilførsel der de gror og bedret fôr kvalitet i form av høyere proteininnhold. Belgvekstenes blomster er viktige nektarkilder for bier, humler og andre pollinerende insekter.

NORSØK har tidligere gitt ut fagstoff om belgvekster og nitrogenfiksering, både skriftlig og på nettsida [www.agropub.no](http://www.agropub.no). Denne rapporten omhandler noen sider ved kløverplantene som er mindre kjent, men som er viktige i ei tid hvor det stilles spørsmålstegn ved jordbrukets påvirkning på jordstruktur, klima og miljø. Rapporten gir kunnskap om kløver knyttet til nitrogenbinding, utslipp av drivhusgassen lystgass, jordstruktur, toleranse mot tørke og karbonlagring.

Arbeidet med rapporten er utført med midler fra Landbruks- og matdepartementet.

Tingvoll, 11.03.20

Grete Lene Serikstad

# Innhold

1	Innledning.....	6
1.1	Rød- og hvitkløver vanlige eng- og beiteplanter.....	6
1.2	God nytte av kløver ved godt stell .....	8
2	Nitrogenomsetning i jord .....	9
2.1	Biologisk nitrogenbinding .....	9
2.2	Gras og kløver sammen gir bedre nitrogeneffektivitet.....	10
2.3	Mindre gasstap og utvasking enn tidligere antatt .....	10
3	Jordstruktur.....	12
3.1	Danning av jordstruktur .....	12
3.2	Planter i vekst.....	13
4	Karbonlagring.....	14
4.1	Kløver er viktig for lagring av karbon .....	14
5	Tørketoleranse .....	16
6	Oppsummering.....	17
7	Referanser .....	18

# 1 Innledning

## 1.1 Rød- og hvitkløver vanlige eng- og beiteplanter

De vanligste kløverartene som brukes i Norge er rødkløver (*Trifolium pratense*) og hvitkløver (*Trifolium repens*). Rødkløver er en to- til flerårig plante uten overjordiske sideutløpere. Plantene blir 15-50 cm høye, har en oppreist vekst og gjør mye av seg i ei eng som ikke gjødsles for sterkt med nitrogen. Det første året er det ikke kraftige røtter på rødkløver, men det andre året utvikles tydelige pålerøtter med mange siderøtter (Suhr m.fl. 2007).

Selv om den er flerårig, går rødkløver i praksis ofte ut etter to til tre år (Frame m.fl. 1998). Foruten nitrogengjødsling, høstemetode og jordpakking kan dette skyldes overvintringsskader eller ulike skadegjørere. For å beholde rødkløver i langvarig eng kan det derfor være nødvendig å jevnlig så nytt kløverfrø i eksisterende eng (direktesåing).



Rødkløverplanter i ulike utviklingsstadier. Foto: Reidun Pommeresche



Hvitkløver er en flerårig plante som har krypende, rotslående stengler (stolonene). Stolonene kan bli 50 cm lange og fungerer som transportvei, lager og spredningsvei for hvitkløver. Nye planter vokser fram enkelte steder på disse stolonene og det dannes nye røtter og nye planter. Hvitkløverplantene er kortvokste, 10-20 cm høye, og tåler både beite og hyppig slått godt. Den er derfor mer vanlig i langvarig eng og beite. Gjenveksten etter slått kommer gjerne raskt i gang. Frøplanter utvikler et overfladisk rotsystem med enkelte pålerøtter, men disse blir aldri så kraftige som hos rødkløver.



*Hvitkløverplanter, unge til venstre, voksen plante til høyre. Foto: Reidun Pommeresche*

Både rød- og hvitkløver trives i varme og har optimum mellom 20 og 24°C (Frame m.fl. 1998), men vokser også godt ved temperaturer rundt 15-20°C. Alsikekløver (*Trifolium hybridum*) har vært i bruk en del tidligere, men er lite brukt nå. Den vokser naturlig i fuktige områder og kan tåle oversvømmelse over en lengre periode (Suhr m.fl. 2007). Den ligner på rødkløver, men er litt mindre, og blomstene er hvite/rosa. Alsikekløver går vanligvis ut etter to-tre års dyrking (Frame m.fl. 1998). Luserne er en belgvekst med stort avlingspotensiale og dypt rotsystem, men kan ha dårlig overvintring, vansker med etablering og krever høy pH i jorda. Dette gjør at den helst anbefales brukt i lavlandet i Sør-Norge. Nye sorter kan utvide bruksområdet i framtida.



*Luserne (Medicago sativa) kan være en aktuell engbelgvekst noen steder. Unge planter til venstre. Rot av voksen luserneplante, med rotnoller, til høyre. Foto: Reidun Pommeresche*

## 1.2 God nytte av kløver ved godt stell

Kløver er kjent for å bevare fôrkvaliteten utover i vekstsesongen lenger enn gras og kan dermed utvide tida der enga kan høstes uten at fôret forringes like mye som for gras i reinbestand. Samtidig er kløver rik på protein og mineraler (Frankow-Lindberg 2017). Rødkløver i dietten er kjent for å øke fôropptaket og melkeproduksjonen (Steinshamn 2010) og bidra til gunstig fettsyresammensetning i melk og kjøtt (Steinshamn 2010, Adler m.fl. 2013).

Kløver brukes også i blandinger brukt til grønn gjødsel, fangvekst og underkultur. Kløver som forgrøde øker avlingene for etterfølgende vekster (McKenna m.fl. 2018). Reinbestand av kløver er ikke gunstig mht. å holde på jorda eller å hindre utvasking av næringsstoff. Men kløver i blanding med andre arter, særlig grasarter, gir en god fangveksteffekt ved å både holde på jorda og hindre utvasking av næringsstoffer (Hansen m.fl. 2019). I tillegg bedrer en blanding av kløver og grasarter både næringsforsyningen og jordstrukturen for vekstene som dyrkes på samme sted i årene etterpå.

Sterk nitrogengjødsling, vassjuk, pakket og/eller sur jord, samt mangel på stoffer som er viktige for den biologiske nitrogenbindingen, som svovel og fosfor, bidrar til at kløveren går ut. Mengden kløver minker med alderen på enga og kløverplantene liker seg bedre i varme enn i kalde år. Rødkløver varer sjelden lenger enn tre år, mens kvitkløver vil kunne trives i enga i flere år. Bruk av kløver på samme areal år etter år øker faren for at ulike vekstproblemer kan oppstå, som samlebetegnelse kalt kløvertretthet. Serikstad m.fl. (2017a) og (2017b) beskriver hvordan en kan unngå slike problemer. Det fins gode veiledere for dyrking og fornying av kløver i enga, les mer på [www.agropub.no](http://www.agropub.no).



## 2 Nitrogenomsetning i jord

### 2.1 Biologisk nitrogenbinding

Ved hjelp av Rhizobium-bakterier i knoller på belgvekstenes røtter bindes nitrogen fra lufta. Mange har beskrevet mekanismene i nitrogenbinding og hvordan en kan undersøke om det er aktiv biologisk nitrogenbinding. Serikstad m.fl. (2013) og Pommeresche & Hansen (2017) har gjort denne kunnskapen tilgjengelig på norsk.

På Agropub.no er det beskrevet noen enkle formler som kan brukes til å anslå mengde nitrogen per daa som bindes i ei kløvereng (Hansen & Solberg 2011).

Carlsson og Huss-Danell (2003) foreslår følgende formler for ulike belgvekster i blanding med gras:

Nfix er mengde bundet nitrogen i kg nitrogen per daa. TS er kg kløvertørrstoff per daa og år.

For rødkløver (*T. pratense*):  $N_{fix} = 0,0026 \times TS + 0,7$

For kvitkløver (*T. repens*):  $N_{fix} = 0,0031 \times TS + 2,4$

For luserne (*M. sativa*):  $N_{fix} = 0,0021 \times TS + 1,7$

Hvor mye nitrogen som bindes avhenger av hvor mye kløver som er i enga. Bilder av kløvereng med kjent mengde kløver kan brukes som en hjelp til å anslå andelen kløver (Hansen 2018). For å få gode anslag for hvor mye nitrogen som blir bundet i løpet av en sesong er det også nødvendig med gode beregninger på avlingsmengden.

Det er gjort noen få målinger av engbelgvekstenes nitrogenbinding under norske forhold.

Undersøkelser på 13 økologiske gårder spredd rundt i Norge viste at mengde nitrogen bundet i eng varierte fra 1 kg til 10 kg i gjennomsnitt per daa (Serikstad m.fl. 2013, Ebbesvik 1998). Naturlig nok samlet kløverplantene på gårdene i det beste klimaet mest nitrogen. En av gårdene lå i Vik i Sogn, der ble det bundet hele 26 kg nitrogen per daa i løpet av ett år på et godt skifte.

I eng med hvitkløver fant Lunnan (2003) at det i gjennomsnitt for tre engår, ble bundet 4-17 kg nitrogen per daa og år, minst i Troms og mest på Jæren. Biologisk nitrogenbinding har også blitt beregnet på seks melkeproduksjonsgårder i Midt-Norge. Med grunnlag i tre skifter per gård ble det beregnet en gjennomsnittlig nitrogenbinding på 6 kg nitrogen per daa og år på de tre gårdene som drev økologisk og 2 kg på de tre gårdene som drev konvensjonelt (Hansen m.fl. 2018).

I et prosjekt med 10 økologiske og 10 konvensjonelle melkeproduksjonsbruk ble også engbelgvekstenes nitrogenbinding undersøkt. I dette prosjektet fant Koesling m.fl. (2017) at det årlig ble bundet i overkant av 4 kg N per daa på de økologiske og i underkant av 3 kg N per daa på de konvensjonelle brukene, i gjennomsnitt for hele gårdenes areal med eng og beite.

## 2.2 Gras og kløver sammen gir bedre nitrogeneffektivitet

Flere undersøkelser av mengde bundet nitrogen i avlingene oppgir bare nitrogen i de overjordiske plantedelene. I tillegg vil røttene også inneholde noe av det nitrogenet som bindes fra lufta.

Å dyrke kløver sammen med gras eller en annen ikke-belgvekst stimulerer den biologiske nitrogenbindingen. Det skyldes at grasrøttene er gode til å ta opp lett tilgjengelig nitrogen i jorda. Det blir dermed mindre nitrogen til kløveren og den biologiske nitrogenbindingen stimuleres (Carlsson m.fl. 2009, Nyfeler m.fl. 2011). Kløver bedrer grasplantens nitrogenforsyning både ved at det blir mindre konkurranse om nitrogenet som er i jorda og at en del av nitrogenet som bindes via kløverplantene overføres til gras (Høgh-Jensen og Schjoerring 2000). Dette nitrogenet kommer fra nitrogen som er skilt ut via roteksudater og fra døende kløverrøtter, spesielt etter slått er det en del planterøtter som dør. Det er også en større overføring av nitrogenet fra kløver til gras i andreårs enn i førsteårs eng (Nyfeler m.fl. 2011).

Rødkløver i engblandinger med gras får mer enn 80 % av sitt nitrogen fra egen nitrogenfiksering (Huss-Danell m.fl. 2007). Nitrogeninnholdet i overjordisk grønnmasse og hele planter var dobbelt så stort i rødkløver som i gras (timotei og engsvingel). I dette forsøket beholdt både rødkløverplanter og grasplanter rundt 60 % av nitrogenet i stubb og røtter etter første slått. Etter andre slått var det bare 25 % av nitrogenet igjen i rødkløverens stubb og røtter, mens graset hadde beholdt 60 % av nitrogenet. Rødkløver i eng er derfor viktig for økosystemtjenesten som biologisk nitrogenfiksering er, både for økte avlinger samme år og for påfølgende års avlinger. I tillegg gir kløver økt rotmasse som bidrar til bedre jordstruktur og økt jordliv.

## 2.3 Mindre gasstap og utvasking enn tidligere antatt

Det er viktig å unngå at det nitrogenet som kløverplantene samler ikke tapes fra jord/plantesystemet. Ikke minst på økologiske bruk, hvor denne økosystemtjenesten er nødvendig for å opprettholde avlingsnivået. Det er umulig å unngå at noe av nitrogenet tapes fra dyrkajorda, enten som gass eller ved utvasking og erosjon, men det er viktig at disse tapene blir så små som mulig fordi lettløselig nitrogen på avveie har uheldige konsekvenser. Lystgass ( $N_2O$ ) er en nitrogenforbindelse som bidrar til global oppvarming og utgjør ca. 40 % av utslippet av drivhusgasser fra det norske landbruket, målt som  $CO_2$ -ekvivalenter (Bardalen m.fl. 2018). Fordamping av ammoniakk ( $NH_3$ ) bidrar til eutrofiering i vassdrag og hav (algevekst) og deler av ammoniakken omdannes til lystgass i atmosfæren. Utvasking av nitrat ( $NO_3$ ) fører til eutrofiering og forurensing av drikkevann. Farene ved nitrogen på avveie er nærmere gjort rede for av Serikstad (2011).

Industriell framstilling av nitrogengjødsel medfører utslipp av lystgass (Sylvester-Bradley m.fl. 2017). Flere undersøkelser viser derimot at det er svært lave utslipp av lystgass ( $N_2O$ ) i forbindelse med biologisk nitrogenbinding (Carter & Ambus 2006, Rochette & Janzen 2005). Nye undersøkelser tyder også på at enkelte stammer av *Rhizobium*-bakterier kan redusere  $N_2O$  til molekylært  $N_2$  og dermed redusere innholdet av  $N_2O$  i jordlufta (Frostegård 2019). Dette igjen vil redusere utslippene av lystgass fra jorda.

Mange undersøkelser viser at i voksende plantebestand med kløver og gras er mesteparten av nitrogenet bundet og derfor er det lite tilgjengelig nitrogen i jorda (Hansen m.fl. 2019). I blandinger med kløver i voksende eng til fôr eller grønn gjødsel er det funnet små utslipp av lystgass og ammoniakk og lite utvasking av nitrat i økologisk produksjon (Hansen m.fl. 2019). Ved gjentakende perioder med frysing/tining og tørking /fukting av jorda kan tapene øke også ved slike blandinger.

Den store utfordringen med å holde nitrogenet bundet i jorda oppstår når enga pløyes og planterester tilføres jorda. Uten levende planter til å ta opp det nitrogenet som frigjøres når plantematerialet brytes ned, kan det bli store utslipp av lystgass eller utvasking av nitrat (Hansen m.fl. 2019). Det er derfor viktig at perioden med naken jord blir så kort som mulig. Det vil i praksis si at høstpløying og brakking for ugraskontroll bør unngås. Dessuten bør fangvekster brukes så mye som mulig der det ellers ville vært perioder med naken jord. Ved å bruke planter med dype røtter, enten i blandinger eller som en del av vekstskiftet, til å hente opp nitrat dypt i jordprofilen minskes faren for nitrogenutvasking ytterligere.

I økologisk drift med lite husdyr, kan man ha en kortvarig, kløverrik eng som slås flere ganger til grønn gjødsel, dvs. at avlinga blir liggende på arealet. Slik grønn gjødsling kan gi et godt næringstilskudd til jorda, ikke minst av nitrogen. En skulle forvente at dette førte til store utslipp av lystgass, men det ser ut til å bare bli en svak økning av lystgassutslipp sammenlignet med tilsvarende eng hvor plantematerialet er fjernet (Hansen m.fl. 2019). På grunn av det tette rotsystemet i ei graskløvereng tas tilgjengelig nitrogen raskt opp. Det er imidlertid en fare for ammoniakkutslipp når plantematerialet tilføres på jordoverflata, uten å bli moldet ned (Larsson m.fl. 1998).



*Engvekstenes røtter er svært forskjellige og vokser i ulikt tempo. Fra venstre kvitkløver, rødkløver, luserne, engrapp, engsvingel, timotei og sikori, alle like gamle. Foto: Reidun Pommeresche*

## 3 Jordstruktur

### 3.1 Danning av jordstruktur

God jordstruktur er avgjørende for å kunne lykkes med økologisk drift og for å ha god utnytting av tilførte næringsstoff i konvensjonell drift. God jordstruktur er også viktig for at vann kan infiltrere i jorda når det er vått og at plantene skal kunne hente opp tilgjengelig vann når det er tørt. Den delen av jordstrukturen som planterøtter og jordliv bidrar med, kan vi kalle biologisk jordstruktur.

Planter forbedrer jordstrukturen direkte og indirekte på ulike måter. Røttene vokser gjennom jorda og lager gjennomgående makroporer som transporterer vann og luft og de vokser gjennom jordklumper og bryter dem opp i mindre aggregater. Røttene skiller dessuten ut roteksudater som bidrar til å kitte jordpartikler sammen til aggregat (Angers & Caron 1998).

Planterøttenes symbiose med mykorrhiza (sopp) er også med og forbedrer jordstrukturen fordi soppen bidrar til aggregatdannelse ved at soppens hyfer vever sammen jordpartiklene, i tillegg til at både røtter og sopper skiller ut ulike klebrige stoffer hvor jordpartikler fester seg (Angers & Caron 1998, Rilling m.fl. 2002). Mikroorganismer som lever i nærheten av planterøttene, i rotsonen, skiller også ut stoffer som bidrar til aggregatdannelse. Det kan være ulike polysakkarider, aminosyrer, peptider og alkoholer som bakterier og sopp produserer. Plantemateriale tilbakeført til jorda vil i samspill med mikroorganismer og jordfauna bli til nye jordaggregater og bidra til større aggregatstabilitet og bedre jordstruktur (Angers & Caron 1998, Martens 2000).

Rødkløver, kvitkløver og luserne danner også symbiose med mykorrhizasopper, som øker plantenes mulighet for vann- og næringsopptak (Blaszkowski 2012). Det er funnet minst 12 arter arbuskulær mykorrhizasopp (fylm Glomeromycota) knyttet til rødkløver, 22 arter knyttet til kvitkløver og 19 arter knyttet til luserne (Pommeresche & Ruissen 2018, etter Blaszkowski 2012).

Både rottype og rotmengde, mengde roteksudat som skilles ut og sammensetning av tilbakeført plantemateriale til jorda påvirker effekten plantene har på jordstrukturen. Dette varierer mellom planteartene og med jordtype og andre vekstbetingelser der plantene vokser. Derfor vil ulike plantearter ha ulik påvirkning på jordstrukturen. Forsøk med samme planteart har hatt varierende effekt på jordstruktur i ulike undersøkelser. Jordstruktur observeres visuelt eller ved ulike målemetoder som aggregatstabilitet, aggregatstørrelsesfordeling, porøsitet, penetrometermotstand, jordtetthet og gjennomtrengelighet for luft og vann (infiltrasjon).

Det er velkjent at jordstrukturen blir bedre med eng i vekstskiftet (Jarvis m.fl. 2017, Loaiza Puerta m.fl. 2018, Riley m.fl. 2008) og ved dyrking av fangvekster (Bøe m.fl. 2019, Carter & Kunelius 1993, Drury m.fl. 1991).

## 3.2 Planter i vekst

Rotutvikling av gras og kløver blir sterkt påvirket av vokseforhold og gjødslingsnivå. Det er derfor store forskjeller i resultatene fra forsøk hvor effekt av kløver på jordstruktur sammenlignes med effekt av gras. Noen resultater er imidlertid konsistente. Graserøtter er generelt mer forgrenet enn kløverrøtter og har mer og lengre rothår enn disse, noe som tydelig ble observert i en undersøkelse av røttene til unge kløver- og grasplanter (Evans 1977). Stone & Buttery (1989) fant at det var en nær sammenheng mellom rotvekst og aggregatstabilitet i jorda. Forskjell i rotvekst er sannsynligvis en viktig årsak til at voksende raigras ofte danner flere og mer stabile jordaggregat enn det kløver gjør (Breland 1995, Dufey m.fl. 1986, Robinson & Jacques 1958, van Eekeren m.fl. 2009) og holder bedre på jorda etter pløying (Breland 1995).

I et flerårig feltforsøk med mais, hvor det var felt med og uten undersådd rødkløver, fant Drury m.fl. (2003) at det luftfylte porevolumet var høyere der det var undersådd kløver, men de fant liten effekt på jordtetthet, jordpakking og vannlagrinsevne. Noen studier finner også flere meitemark i systemer der kløver er med som underkultur eller i blandinger (Schmidt m.fl. 2003, van Eekeren m.fl. 2009). Det samspillet kløver har med mikro- og makrolivet i jorda har betydning for dannelse av jordaggregat og meitemarkganger der det vokser kløver.

Kløverrøtter ser også ut til å ha god evne til å trenge gjennom hard jord. Den kraftige pålerota som rødkløver har, er sannsynligvis årsaken til at rødkløver kan løsne tette, pakke sjikt i jorda (Löfkvist m.fl. 2005). Andre undersøkelser har funnet bedre vanninfiltrasjon/drenering og luftveksling ved dyrking også av hvitkløver sammenlignet med dyrking av raigras (Holtham m.fl. 2007, Mytton m.fl. 1993). Barley (1953) fant at gjennomtrengningen av vann var bedre i hvitkløverdøminert beite enn i beite døminert av luserne. Mest sannsynlig er det også samspill mellom kløver og meitemark som bidrar her.

I blanding med grasarter blir kløver raskt utkonkurrert der det gjødsles sterkt med nitrogen, og kløver gjør mer ut av seg når det gjødsles mindre med nitrogen. Ved svak og moderat nitrogengjødsling vil derfor et tilskudd med kløver i engfrøblandinger, fangvekster og grønnngjødsel føre til en større forbedring av jordstrukturen, spesielt infiltrasjon, enn når grasarter vokser alene.

Tilførsel av planterester fra kløver, spesielt hvitkløver, forbedrer raskt aggregatstabiliteten (Mytton m.fl. 1993, Robinson & Jacques 1958) i jorda, men det er mer langvarig effekt på aggregatstabiliteten av arter som gras og korn (Martens 2000).

I et 80 dagers pottforsøk med mange ulike gras- og belgvekster (Stone & Buttery 1989) ble de ulike artenes bidrag til aggregatdannelse i jord undersøkt. Alle artene av norsk interesse, særlig takrør, svingel, timotei og rødkløver, viste økende stabilitet på jordaggregatene utover i forsøket, målt som «våt aggregatstabilitet». For hele forsøksperioden samlet var det imidlertid strandrør og steinkløver som kom best ut. Forsøket viste tett sammenheng mellom stor rotbiomasse og større stabilitet av jordaggregater (0,5-2 mm) i våt tilstand.



## 4 Karbonlagring

Engdyrking generelt bidrar til mer/økt karbonlagring sammenlignet med åkerdyrking. Mye røtter i forhold til plantemassen som fjernes og fravær av jordarbeiding bidrar til dette (Jarvis m.fl. 2017). I et omløpsforsøk på Ås ble det i gjennomsnitt for de 60 årene forsøket varte, lagret 100 kg mer karbon per daa og år i jorda på forsøksrutene med eng i omløpet enn i jorda på rutene uten eng (Uhlen m.fl. 2017, Bleken 2016).

Flere undersøkelser viser at økologisk åkerdyrking gir mer jordkarbon, både total mengde og den delen som er lett nedbrytbar, enn ved konvensjonell åkerdyrking. Dette skyldes mer eng i vekstskiftet, bruk av fangvekster, belgvekster og mindre naken jord i økologiske dyrkingssystem. Resultat fra mange publiserte undersøkelser er oppsummert av Hansen m.fl. (2019) og Serikstad m.fl. (2018).

### 4.1 Kløver er viktig for lagring av karbon

I en revyartikkel med at data fra beite, eng og åkervekster konkluderer Jensen m.fl. (2012) at belgvekster spiller en viktig rolle for lagring av karbon i jord. Dette skyldes at det må være en balanse mellom mengde karbon og nitrogen som blir tilført jorda for at karbonet skal bli lagret. Belgvekster forsyner systemet med mer nitrogen for lagring av karbon enn det korn og grasarter gjør. Dette gjelder også selv om korn og gras blir gjødslet.

I et vekstskifteforsøk konkluderte Gregorich m.fl. (2001) med at et vekstskifte med luserne ga større rotvekst og mer karbonlagring enn ensidig maisdyrking. Maisdyrking tilbakeførte mer organisk materiale, men vekstresten fra luserne, spesielt røttene, var mer bestandige mot nedbrytning. I et vekstskifte med mais, soyabønne og bygg fant Meyer-Aurich m.fl. (2006) også økt karbonlagring i jorda ved bruk av rødkløver som underkultur. Yang & Kay (2001) fant økt karbonlagring fra rødkløver undersådd i bygg, men ikke i hvete.

Mengde rotmasse og stubb som blir igjen etter høsting fra både ett- og flerårige kløverplanter har effekt på hvor mye karbon som tilbakeføres til jorda. Et pottforsøk med flerårig raigras, kvitkløver eller en blanding av disse indikerer at ulike plantearter flytter ulike mengder karbon til røtter og rotsonen. I forsøket ble CO<sub>2</sub>-gass raskere innarbeidet i kløverplantene og gjenfunnet i selve jorda med kvitkløverplanter enn i pottene med raigrasplanter. Forskerne bak forsøket tolket det slik at karbon fra kløverrøtter omdannes raskere til jord ved hjelp av mikroorganismer enn karbon fra raigrasrøtter (Neergaard & Gorissen 2004). Graserøttene hadde mer av karbonet i røttene (75 %) i slutten av forsøket, noe som er med og forklarer at disse røttene er mer stabile i forhold til å bli omdannet av mikroorganismer. Dette tyder på at kløver- og grasrøtter har ulike roller i karbonkretsløpet.

Fordi et mangfold av rottyper øker karbonlagring i jord vil det å øke plantemangfoldet utover kløver/gras og andre enfrøblada vekster føre til økt karbonlagring. McNally m.fl. (2015) fant at i ei eng med sikori, smalkjempe og luserne i tillegg til raigras og hvitkløver var det 120 kg mer karbon per daa i røtter og fra omdannede røtter ned til 30 cm i jorda, enn i ei ren raigras/hvitkløver-eng. Dette skyldes større rotvekst lenger ned i jordprofilen enn ved dyrking av bare raigras/hvitkløver. Steinbeiss

m.fl. (2008) fant at karbonlagringen var større allerede etter fire år ved større plantediversitet i 0-20 cm dybde.

Planter med dype røtter kan bidra til å øke karboninnholdet i hele jordprofilen. Globalt finnes gjennomsnittlig 55 % av karbonet i jorda dypere ned enn 30 cm (Lal 2018). Guan m.fl. (2016) fant at karboninnholdet økte betydelig (1,5-2,4 Mg C per daa) ved sju års dyrking av belgvekster (bl.a. luserne) og at 70-80 % av karbonlagringen skjedde i 1-2 meters dyp. Det er gjort få undersøkelser på dette i Norge. Hvor mye og hvor dypt karbonet lagres ved ulike planter under norske jordforhold er derfor usikkert.

Andre arter enn kløver har et mer bestandig plantemateriale. Effekten av tilført kløvermasse alene, spesielt hvitkløver, er kortvarig. I et inkubasjonsforsøk som varte 127 dager fant Wang m.fl. (2010) at bare 55 % av karbon tilført i hvitkløvermateriale var igjen i jorda. Til sammenligning var det 79 % igjen av karbonet tilført med raigras. Dette samsvarer godt med en rask omdanning av hvitkløver, som igjen bidrar til god jordstruktur og næring til jordlivet og andre planter.



*Voksne rødkløverplanter har et omfattende rotsystem rundt pålerota. Foto: Reidun Pommeresche*

## 5 Tørketoleranse

Tørkesommeren 2018 dominerte hvitkløveren på mange engarealer, også der kløver vanligvis ikke vises. Det samme er observert i blandinger med hvitkløver og gras ved tørke andre steder. Karsten & MacAdam (2001) undersøkte hvorfor hvitkløver tåler tørke så godt. De stadfestet at hvitkløver har en intensiv lagring av karbohydrater i stolonene (utløperne) samtidig som bladene visner under tørke, noe som hindrer vanntap gjennom transpirasjon fra bladene. Ved starten av en tørkeperiode får graset tak i mer vann enn hvitkløver, men dersom tørken vedvarer ser det ut til at hvitkløveren vil kunne hente ut mer vann enn graset fra dypere jordlag (Karsten & MacAdam 2001). Når jorda fuktes opp igjen starter hvitkløveren ny vekst fra stolonene, men taper ikke karbohydratreservene så langt ned som det gras gjør og tåler dermed bedre gjentatte perioder med tørke.

Rødkløver har en annen strategi enn hvitkløver. Den har røtter som går dypt ned i jordprofilen. Den mest tørketolerante belgveksten er imidlertid luserne. Evans (1978) fant at luserne kan hente ut vann fra mer enn to meters dyp, og langt overgikk hvitkløver og raigras. Den har dessuten bedre evne til å økonomisere med vannressursene enn det kløver har (Frame m.fl. 1998).



*Rødkløver kan dominere i enga når forholdene ligger til rette for det. Foto: Reidun Pommeresche*



## 6 Oppsummering

- Rød- og kvitkløver er de mest brukte engbelgvekstene i Norge
- Kløver i enga gir økt fôr kvalitet og bidrar til gunstig fettsyresammensetning i melk og kjøtt
- Kløver brukes i eng-, fangvekst- og grønn gjødselblandinger, samt som underkultur
- Rødkløver klarer seg sjelden lengre enn tre år i eng som slåss og beites
- Kløver i engblandinger kan binde over 20 kg N per daa og år, men i praksis er det stor variasjon og i de fleste tilfeller er det mye lavere
- Den biologiske nitrogenbindinga hos belgvekstene gir svært lave utslipp av lystgass
- Belgvekster utkonkurreres i enga ved sterk nitrogen gjødsling
- Engbelgvekster samarbeider både med et mangfold av bakterier og mykorrhizasopp i jorda
- Kløver bidrar til mer nitrogen i jorda og derigjennom potensiell karbonlagring i organisk materiale
- Grasrøtter bidrar mer til karbon i jord enn kløvrerøtter
- Kløvrerøtter og roteksudater bidrar til bedret jordstruktur og økt aggregatstabilitet
- Kløver har ulike strategier for å tåle tørke best mulig
- Kløver og gras sammen gir best nitrogenutnytting og minst tap til vann og luft
- Kløver bedrer nitrogenforsyninga hos sine plantenaboer i løpet av vekstsesongen på ulike måter. Nitrogen skilles ut fra døende kløvrerøtter etter slått og via roteksudater. Dessuten reduseres konkurransen grasplantene imellom.

## 7 Referanser

- Adler, S.A., Jensen, S.K., Thuen, E., Gustavsson, A.-M., Harstad, O.M., & Steinshamn, H. 2013. Effect of silage botanical composition on ruminal biohydrogenation and transfer of fatty acids to milk in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 1135–1147.
- Angers, D.A., & Caron, J. 1998. Plant-Induced Changes in Soil Structure: Processes and Feedbacks. *Biogeochemistry*, Vol. 42, no. 1. *Biogeochemistry* 42, 55–72. DOI: 10.1023/A:1005944025343
- Bardalen, A., Rivedal, S., Aune, A., O'Toole, A., Walland, F., Silvennoinen, H., Sturite, I., Bøe, F., Rasse, D., Pettersen, I. & Øygarden, L. 2018. Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter. NIBIO Rapport Vol 4 (149), 84 s.
- Barley, K. 1953. The root growth of irrigated perennial pastures and its effect on soil structure. *Aust. J. Agric. Res.* 4, 283. <https://doi.org/10.1071/AR9530283>
- Bleken, M.A. 2016. Contribution to C-sequestration by leys in arable rotation during a 60 years long-term trial in southeast Norway. I: The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. European Grassland Federation EGF 2016. ISBN 978-82-17-01677-9, s. 874-876
- Breland, T.A., 1995. Green manuring with clover and ryegrass catchcrops undersown in spring wheat: effects on soil structure. *Soil Use Manag.* 11, 163–167.
- Bøe, F., Bechmann, M., Øgaard, A.F., Sturite, I. & Brandsæter, L.O. 2019. Fangvekstenes økosystemtjenester. Kunnskapsstatus om effekten av fangvekster. NIBIO Rapport Vol 5 (9), 53 s.
- Carlsson, G. & Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253, 353-372
- Carlsson, G., Palmborg, C., Jumpponen, A., Scherer-Lorenzen, M., Hogberg, P. & Huss-Danell, K. 2009. N<sub>2</sub> fixation in three perennial *Trifolium* species in experimental grasslands of varied plant species richness and composition. *Plant Ecol.* 205, 87–104.
- Carter, M.R. & Kunelius, H.T. 1993. Effect of undersowing barley with annual ryegrasses or red clover on soil structure in a barley-soybean rotation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 43 (3-4), 245–254. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(93\)90089-8](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90089-8)
- Carter, M.S. & Ambus, P. 2006. Biologically Fixed N<sub>2</sub> as a source for N<sub>2</sub>O production in a grass-clover mixture, measured by N-15(2). *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 74, 13–26.
- Drury, C.F., McKenney, D.J. & Findlay, W.I. 1991. Relationships between denitrification, microbial biomass and indigenous soil properties. *Soil Biol. Biochem.* 23, 751–755.
- Drury, C.F., Tan, C.S., Reynolds, W.D., Welacky, T.W., Weaver, S.E., Hamill, A.S. & Vyn, T.J. 2003. Impacts of Zone Tillage and Red Clover on Corn Performance and Soil Physical Quality. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, 867–877. <https://doi.org/10.2136/SSSAJ2003.8670>
- Dufey, J.E., Halen, H. & Frankart, R. 1986. Evolution de la stabilité structurale du sol sous l'influence des racines de trèfle (*Trifolium pratense* L.) et de ray-grass (*Lolium multiflorum* Lmk.). Observations pendant et après culture. *Agronomie* 6, 811–817.
- Ebbesvik, M. 1998. Økologisk eng – viktige faktorer for avlingsnivå. NORSØK-rapport nr. 3, 1998
- Evans, P.S. 1978. Plant root distribution and water use patterns of some pasture and crop species. *New Zeal. J. Agric. Res.* 21, 261–265. <https://doi.org/10.1080/00288233.1978.10427408>
- Evans, P.S. 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. *New Zeal. J. Agric. Res.* 20, 331–335. <https://doi.org/10.1080/00288233.1977.10427343>
- Frame, J., Charlton, J.F.L. & Laidlaw, A.S. 1998. Temperate forage legumes. CAB International. 327 s.
- Frankow-Lindberg, B. 2017. Red clover in cropping systems. I: D. Murphy-Bokern, F.L. Stoddard & C.A. Watson (eds.). *Legumes in Cropping Systems*. CAB International, s. 157 – 167. <https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20173152105>
- Frostegård, Å. 2019. Using rhizobia to reduce N<sub>2</sub>O emissions. I: *Plant Biotechnology – Green for Good*. European Federation of Biotechnology (EFB) V; 2019-06-09 - 2019-06-13. <https://wo.cristin.no/as/WebObjects/cristin.woa/wo/6.Profil.29.25.2.3.15.1.4.3>



- Gregorich, E.G., Drury, C.F. & Baldock, J.A. 2001. Changes in soil carbon under long-term maize in monoculture and legume-based rotation. *Can. J. Soil Sci.* 81, 21–31.  
<https://doi.org/10.4141/S00-041>
- Guan, X.-K., Turner, N.C., Song, L., Gu, Y.-J., Wang, T.-C. & Li, F.-M. 2016. Soil carbon sequestration by three perennial legume pastures is greater in deeper soil layers than in the surface soil. *Biogeosciences* 13, 527–534. <https://doi.org/10.5194/bg-13-527-2016>
- Hansen, S. 2018. Hvor mye kløver er det i enga. [www.Agropub.no](http://www.Agropub.no)  
<https://www.agropub.no/fagartikler/hvor-mye-klover-er-det-i-enga>
- Hansen, S., Haavik, T.B., Bergslid, R., van Gool, B., Lunnan, T., Røthe, G. & Walland, F. 2018. Miljø - og klimavennlig melkeproduksjon. Inspirasjon fra seks melkeproduksjonsbruk. NIBIO Rapport Vol 4, nr. 96.
- Hansen, S. & Solberg, S. 2011. Hvor mye nitrogen blir tilgjengelig ved biologisk nitrogenfiksering? [www.Agropub.no](http://www.Agropub.no), <https://www.agropub.no/fagartikler/hvor-mye-nitrogen-blir-tilgjengelig-ved-biologisk-nitrogenfiksering>
- Hansen, S., Frøseth, R.B., Stenberg, M., Stalenga, J., Olesen, J.E., Krauss, M., Radzikowski, P., Doltra, J., Nadeem, S., Torp, T., Pappa, V. & Watson, C.A. 2019. Reviews and syntheses: Review of causes and sources of N<sub>2</sub>O emissions and NO<sub>3</sub> leaching from organic arable crop rotations. *Biogeosciences* 16, 2795–2819. <https://doi.org/10.5194/bg-16-2795-2019>
- Holtham, D.A.L., Matthews, G.P. & Scholefield, D.S. 2007. Measurement and simulation of void structure and hydraulic changes caused by root-induced soil structuring under white clover compared to ryegrass. *Geoderma* 142, 142–151.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.08.018>
- Huss-Danell, K., Chaia, E. & Carlsson, G. 2007. N<sub>2</sub>-fixation and nitrogen allocation to above and below ground plant parts in red clover grasslands. *Plant and Soil* 299, 215–226.
- Høgh-Jensen, H. & Schjoerring, J.K. 2000. Below-ground nitrogen transfer between different grassland species. *Plant and Soil* 227, 171–183.
- Jarvis, N., Forkman, J., Koestel, J., Kätterer, T., Larsbo, M. & Taylor, A. 2017. Long-term effects of grass-clover leys on the structure of a silt loam soil in a cold climate. *Agric. Ecosyst. Environ.* 247, 319–328. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2017.06.042>
- Jensen, E.S., Peoples, M.B., Boddey, R.M., Gresshoff, P.M., Hauggaard-Nielsen, H., Alves, B.J.R. & Morrison, M.J. 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 329–364.
- Karsten, H.D. & MacAdam, J.W. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by perennial ryegrass, tall fescue, and white clover. *Crop Sci.* 41, 156–166.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2001.411156x>
- Koesling, M., Hansen, S. & Bleken, M.A. 2017. Variations in nitrogen utilisation on conventional and organic dairy farms in Norway. *Agric. Syst.* 157, 11–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.001>
- Lal, R. 2018. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 24, 3285–3301.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.14054>
- Larsson, L., Ferm, M., Kasimir-Klemetsson, A. & Klemetsson, L. 1998. Ammonia and nitrous oxide emissions from grass and alfalfa mulches. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 51, 41–46.
- Loaiza Puerta, V., Pujol Pereira, E.I., Wittwer, R., van der Heijden, M. & Six, J. 2018. Improvement of soil structure through organic crop management, conservation tillage and grass-clover ley. *Soil Tillage Res.* 180, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2018.02.007>
- Lunnan, T. 2003. Potensialet til kvitkløver i økologisk driftsopplegg. *Grønn Kunnskap* 7(4), s. 127–135
- Löfkvist, J., Whalley, W.R. & Clark, L.J. 2005. A rapid screening method for good root-penetration ability: Comparison of species with very different root morphology. *Acta Agric. Scand. Sect. B - Soil Plant Sci.* 55, 120–124. <https://doi.org/10.1080/09064710510008504>
- Martens, D.A. 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biol. Biochem.* 32, 361–369. [doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00162-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00162-5)

- McNally, S.R., Laughlin, D.C., Rutledge, S., Dodd, M.B., Six, J. & Schipper, L.A. 2015. Root carbon inputs under moderately diverse sward and conventional ryegrass-clover pasture: implications for soil carbon sequestration. *Plant and Soil* 392, 289–299. [doi.org/10.1007/s1104-015-2463-z](https://doi.org/10.1007/s1104-015-2463-z)
- McKenna, P., Cannon, N., Conway, J. & Dooley, J. 2018. The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: A Review. *F. Crop. Res.* 221, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.006>
- Meyer-Aurich, A., Weersink, A., Janovicek, K. & Deen, B. 2006. Cost efficient rotation and tillage options to sequester carbon and mitigate GHG emissions from agriculture in Eastern Canada. *Agric. Ecosyst. Environ.* 117, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.03.023>
- Mytton, L.R., Cresswell, A. & Colbourn, P. 1993. Improvement in soil structure associated with white clover. *Grass Forage Sci.* 48, 84–90. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1993.tb01840.x>
- Neergaard, A. de & Gorissen, A. 2004. Carbon allocation to roots, rhizodeposits and soil after pulse labelling: a comparison of white clover (*Trifolium repens* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)
- Nyfeler, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E. & Lüscher, A. 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agric. Ecosyst. Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.11.022>
- Pommeresche, R. & Hansen, S. 2017. Sjøkk belgvekstenes egen nitrogenproduksjon. *FertilCrop Technical Crop*. [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).
- Pommeresche, R. & Ruissen, T. 2018. Mykorrhiza i landbruksjord. *NORSØK Faginfo* nr. 6, 2018
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S. & Korsæth, A. 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agric. Ecosyst. Environ.* 124, 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.11.002>
- Rilling, M.C., Wright, S.F. & Eviner, V.T. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: Camouflaging effects of five plant species. *Plant and Soil* 238, 325–333.
- Robinson, G.S. & Jacques, W.A. 1958. Root development in some common New Zealand pasture plants. *New Zeal. J. Agric. Res.* 1, 199–216. <https://doi.org/10.1080/00288233.1958.10431072>
- Rochette, P. & Janzen, H.H. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O emissions from legumes. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 73, 171–179.
- Schmidt, O., Clements, R.O. & Donaldson, G. 2003. Why do cereal-legume intercrops support large earthworm populations? *Applied Soil Ecology* 22, 181–190.
- Serikstad, G.L., 2011. Det store nitrogenkretsløpet. [www.agropub.no](http://www.agropub.no) <https://www.agropub.no/fagartikler/det-store-nitrogen-kretsløpet>
- Serikstad G.L., Hansen, S. & de Boer, A. 2013. Biologisk nitrogenbinding – belgvekster som kilde til nitrogen. *Bioforsk Fokus* 8 (3)
- Serikstad, G.L., C. Magnusson & de Boer, A. 2017a. Kløvertretthet – hvordan hindre avlingstap. *NORSØK Faginfo* nr. 3, 2017
- Serikstad, G.L., C. Magnusson & de Boer, A. 2017b. Kløvertretthet. Kartlegging av forekomst av mulige skadegjørere, med vekt på nematoder. *NORSØK Rapport* nr. 2, 2017
- Serikstad, G.L., Pommeresche, R., McKinnon, K. & Hansen, S. 2018. Karbon i jord – kilder, handtering, omdanning. *NORSØK Rapport* nr. 3, 2018, 60 s.
- Steinbeiss, S., Bessler, H., Engels, C., Temperton, V.M., Buchmann, N., Roscher, C., Kreuziger, Y., Baade, J., Habekost, M. & Gleixner, G. 2008. Plant diversity positively affects short-term soil carbon storage in experimental grasslands. *Glob. Chang. Biol.* 14, 2937–2949. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01697.x>
- Steinshamn, H. 2010. Effect of forage legumes on feed intake, milk production and milk quality – a review. *Animal Science Papers and Reports* 28, 195–206.
- Stone, J.A. & Bittery, B.R. 1989. Nine forages and the aggregation of a clay loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 69, 165–169. <https://doi.org/10.4141/cjss89-015>

- Suhr, K. Thejsen, J. & Thorup-Kristensen, K. 2007. Grøngødning, efterafgrøder og dægafgrøder. Dansk Landbrugsrådgivning, Landcentret Landbrugsforlaget. GP-Tryk A/S, Grenå
- Sylvester-Bradley, R., Thorman, R.E., Kindred, D.R. m.fl. 2015. Minimising nitrous oxide intensities of arable crop products (MIN-NO), Project Report No. 548, 228 s.  
<https://www.researchgate.net/publication/287801593>
- van Eekeren, N., van Lieere, D., de Vries, F., Rutgers, M., de Goede, R. & Brussaard, L. 2009. A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected soil biota. *Appl. Soil Ecol.* 42, 254–263.
- van Eekeren, N., Bokhorst, J., Brussaard, L. & Koopmans, C. 2011. Effect of grass-clover on the ecosystem services soil structure maintenance and water regulation. *ResearchGate*
- Wang, Q., Li, Y. & Alva, A. 2010. Growing Cover Crops to Improve Biomass Accumulation and Carbon Sequestration: A Phytotron Study. *J. Environ. Prot.* 2010, 1, 73–84.  
<https://doi.org/10.4236/jep.2010.12010>
- Yang, X. & Kay, B. 2001. Rotation and tillage effects on soil organic carbon sequestration in a typical Hapludalf in Southern Ontario. *Soil Tillage Res.* 59, (3-4) 107–114.  
[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00162-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00162-3)
- Uhlen, A.K., Børresen, T., Kværnø, S., Krogstad, T., Waalen, W., Strand, E., Bleken, M.A., Seehusen, T., Deelstra, J., Sundgren, T., Lillemo, M., Riley, H., Abrahamsen, U. & Øygarden, L. 2017. Økt norsk kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis. En vurdering av agronomiske tiltak som kan bidra til avlingsøkninger i kornproduksjonen. NIBIO Rapport Vol. 3 (87).





**Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.**

**Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.**

**Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK / Gunnars veg 6 / NO-6630 TINGVOLL/  
Telefon: +47 930 09 884 / epost: [post@norsok.no](mailto:post@norsok.no)**